

Bir Radyo Modem Aracılığı İle Kablosuz RS232 Haberleşmesi

Burak OVALI¹

¹ESG, TÜBİTAK MAM Bilişim Teknolojileri
Enstitüsü, 41470 Gebze/Kocaeli, TURKEY

¹e-posta: burak.ovalı@bte.mam.gov.tr

Tuncay UZUN²

²Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Elektrik-Elektronik Fakültesi, Yıldız Teknik
Üniv. 34349, Beşiktaş, İstanbul

² e-posta: uzun@yildiz.edu.tr

Anahtar sözcükler: RS232, Seri haberleşme, Telsiz modem, Gezgin iletim, Gezgin robot

Özet – Mikrobilgisayarlar ile elektronik cihazların haberleşmesinde, en çok kullanılan kablo temelli elektriksel haberleşme protokollerinin başında RS232 standardında seri haberleşme gelir. RS232 standardı, sayısal veri transfer etmek üzere teknik özellikleri EIA (Electronic Industries Association) tarafından belirlenmiş yalnız kablo ile kullanılmak üzere tanımlanmıştır. Kablo yerine havanın iletim ortamı olarak kullanılması durumunda, telsiz modem olarak adlandırılan veri haberleşme cihazlarına gereksinim duyulur. Telsiz modemler genellikle maliyetleri ve güç tüketimleri göz önüne alındığında, kısa mesafe menzilde düşük veri iletim hızlarına ihtiyaç duyan uygulamalar için kullanışlı olmamaktadır. Bu bildiride, bir ya da daha fazla sayıda gezgin robot ile bu robotlara Internet ortamından erişimini sağlayan, RS232 arabirimi üzerinden telsiz veri haberleşmesi yapabilen, PSOC (*programlanabilir tüm-devre üzeri sistem*) tabanlı bir dar bant modemin temel özellikleri ve tasarımı anlatılmıştır.

1. GİRİŞ

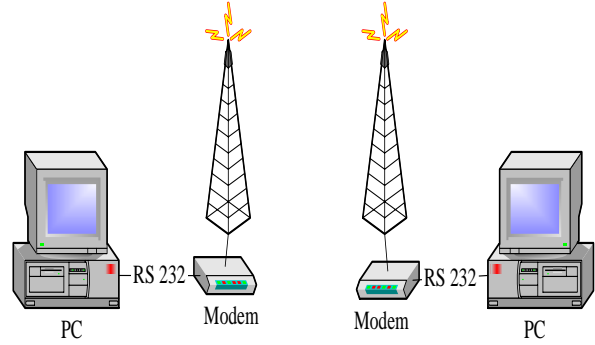
Gezgin robotlar günümüz teknolojisinin popüler araştırma konularındandır. Yapay zeka alanındaki gelişmelerin robot teknolojilerine uygulanması ile belli ölçülerde de olsa, kendi kararlarını verebilen otonom robotlar tasarlamak mümkündür. Bu tip robotlar, üzerlerindeki algılayıcıları kullanarak dış dünyadan gerçek zamanlı olarak veri toplarlar. Toplanan veriler çoğu zaman robotun üzerinde tümleşik olarak bulunan bir mikrobilgisayar yardımı ile işlenerek, robotun işlevlerine hizmet edecek kararlar oluşturmasında kullanılır. Robotların kullanım amaçlarına bağlı olarak uzak bir terminalden izlenmesi ya da denetlenmesi gerekebilir. Bu gibi durumlarda robot üzerindeki mikrobilgisayar ile uzak terminal arasında sayısal veri haberleşmesi söz konusudur. Gezgin robot ile uzak terminalin kablo üzerinden haberleşmesinin, gezgin robotun manevra yeteneğini kısıtlayacağı öngörülebilir. RS232 standardının, veri terminal cihazlarına (*bilgisayar*) bakan ara-yüzünü değiştirmeden, iletim ortamı olarak atmosferi kullanmak, bu amaca yönelik tasarlanmış bir telsiz modem ile mümkündür.

Bu bildirinin konusu olan çalışmada, bir gezgin robot ile uzak terminal arasındaki uçtan uca veri iletimini gerçekleştirebilmek amacı ile bilgisayar ara-yüzü RS232 standardına uygun bir telsiz modem

tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

2. KABLOSUZ RS232 HABERLEŞME

RS232 haberleşmesini, radyo frekanslarında atmosferi iletim kanalı olarak kullanan bir telsiz modem uygulaması gerçekleştirilmiştir. Telsiz modem veri terminal cihazı ile RS232 fiziksel bağlantısı üzerinden haberleşir. Modem iletimi için gönderilen verileri seri kanal üzerinden okur ve özgün bir protokol çerçevesinde biçimlendirerek, radyo kanalı üzerinden hedef veri terminal cihazına gönderir. Modem, radyo kanalı üzerinden veri aktarması yapmadığı durumlarda, radyo kanalından gelen veri paketlerini yakalar.



Şekil 1 Kablosuz RS232 Haberleşmesi

Protokole bağlı olarak kendi cihaz kodu adreslenerek gönderilmiş geçerli bir veri paketi aldığı anda, paketin içerisindeki ham veri ayıklar ve bağlı bulunduğu veri terminal cihazına RS232 üzerinden iletir.

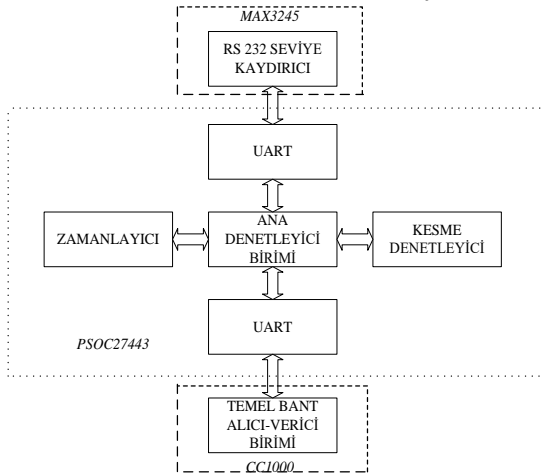
RS232 standardında haberleşme iki yönlü olarak tariflenmiştir. Ancak tasarlanan telsiz modem, radyo kanalı üzerinden tek yönlü olarak iletişim yapabilmektedir. RS232 terminal cihazının gönderdiği verilerin ezilme olasılığına karşın, veri akışı denetlenmelidir. Telsiz modem RS232 terminal cihazına, *donanım akış denetimi* kullanarak ne zaman veri göndermesi gerektiğini bildirir.

Telsiz modemler haberleşme amaçlı olarak kullanılmadan önce, çalışma parametreleri en az bir defa olmak üzere uygun şekilde yapılandırılmalıdır. Modemlerin eşleştirilmeleri, frekans, güç ve benzeri parametrelerinin ayarlanması, PC ortamı için geliştirilen grafik ara-yüzüne sahip bir yazılım kullanılarak gerçekleştirilir. Yapılandırılan parametrelere ait değerler, telsiz modem denetim

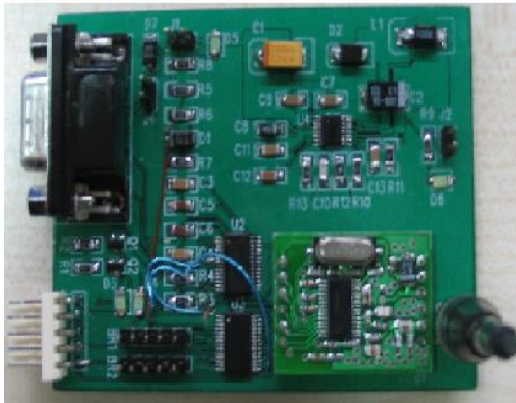
sistemi kalıcı hafızasında saklanır. Eşleştirilmiş iki telsiz modem çalıştırıldıktan sonra, bağlı buldukları veri terminal cihazları arasında RS232 haberleşmesi için kullanılan kabloya ihtiyaç kalmadan radyo kanalı üzerinden seri haberleşme gerçekleşir. Veri terminal cihazları tarafından bakıldığında farklı bir ara-yüze ihtiyaç duyulmaz.

3. TELSİZ MODEM DONANIMI

RS232 ara-yüzünü kullanan telsiz modem, donanım alt sistemlerine ait blok gösterimi Şekil 2'deki gibidir. Telsiz modeme ait seri alma gönderme birimi ile veri terminal cihazının seri alma gönderme birimi arasındaki haberleşmenin kablo üzerinden sağlanabilmesi için (mantık) gerilim genlik seviyelerindeki gerekli dönüşümler, *Seviye Kaydırma* birimi tarafından gerçekleştirilir. Telsiz modemini çekirdeğini, *tüm-devre üzeri sistem* olarak anılan, içerisinde yapılandırılabilir analog ve sayısal bloklar bulunan, özel olarak tasarlanmış bir tümleşik geliştirme ortamı kullanılarak programlanabilen, esnek ve ölçeklenebilir bir donanım mimarisine sahip FPGA (Field Programmable Gate Array) benzeri bir tüm-devre oluşturur. Tümleşik devre, telsiz modem uygulaması için merkezinde 8 bit bir mikroişlemci olmak üzere, kesme denetleyicisi, seri haberleşme birimleri, zamanlayıcı gibi donanımsal çevre birimlerini de içerecek şekilde yapılandırılarak, telsiz modem elektronik denetleme sistemini oluşturur.



Şekil 2 Telsiz Modem Blok Gösterimi

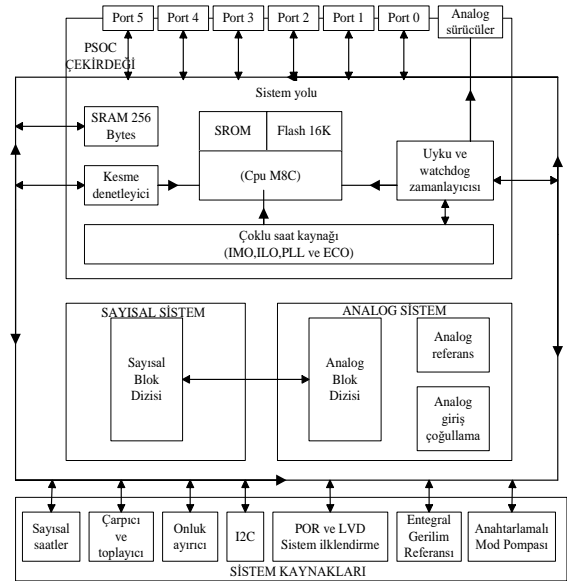


Şekil 3 Telsiz Modem Prototip Devresi

Temel bant alıcı-verici birimi, ana denetleyici yönetiminde, önceden belirlenen frekans bantlarında, atmosfer üzerinden veri iletimi yapabilen ve dinamik olarak programlanabilen elektronik haberleşme düzeneğidir. Mesaj işareti, *Frekans Kaydırmalı Anahtarlama* modülasyon yöntemi kullanılarak yüksek frekanslara taşınır. Elektronik düzenek, içerisindeki demodülatör yardımı ile taşıyıcı işaretinden mesaj işaretini ayırt edebilme yeteneğine de sahiptir. Tasarlanan telsiz modem prototip devresinin resmi Şekil 3'de verilmiştir.

3.1. Elektronik Denetleme Sistemi

Telsiz modem denetleme sistemi, Şekil 2'de noktalı çizgi ile gösterilen blok içerisindeki alt birimlerden oluşmaktadır. Denetleme sistemi, Cypress Semi Conductor firmasının, PSOC olarak adlandırıldığı FPGA benzeri yarı iletken ailesinden, Cypress 27443 tüm-devresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan denetleme sisteminin gerçekleştirilmesinde, PSOC ailesinin tercih edilmesinin başlıca nedenleri, bu ailenin geleneksel mikrodenetleyicilere kıyasla, esnek ve ölçeklenebilir mimariye sahip olması ve harici çevre birimlerine çoğu zaman ihtiyaç duymadığı için güç tüketiminin de oldukça düşük olmasıdır.

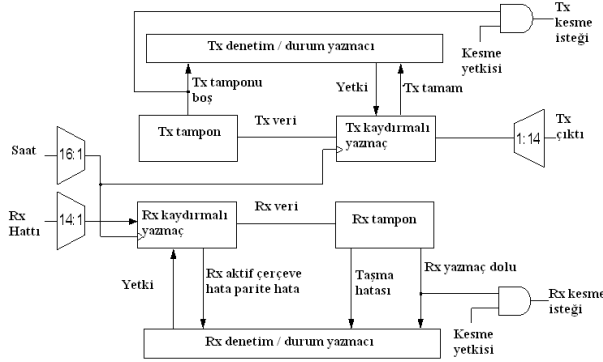


Şekil 4 Cypress 27443 Sistem Mimarisi

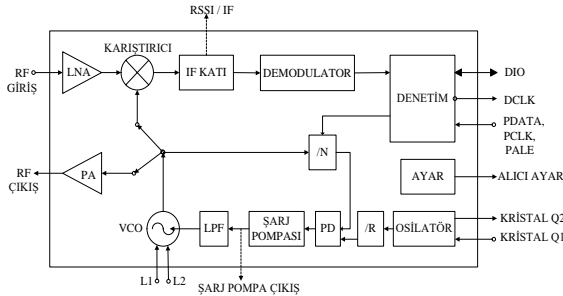
PSOC tüm-devre mimarisi, Şekil 4'de görüldüğü gibi çekirdek, sayısal sistem, analog sistem ve sistem kaynaklarından oluşmaktadır. PSOC 27443 tüm-devresi, sekiz analog, on iki sayısal bloğa erişim olanağını bulunan, ortak analog ve sayısal yollara bağlı beş adete kadar giriş/çıkış birimini destekler. PSOC çekirdek bölümü, saat frekansı 24 Mhz olan, 4 mips (million instruction per second) hızında, 8 bit *harvard* donanım mimarisine sahip bir mikroişlemci ile bellek ve programlanabilir saat birimlerinden oluşur. Mikroişlemci, gerçek zamanlı olayları idare edebilmek için on yedi vektörlü bir kesme denetleyicisinden yararlanır. İşlemci üzerinde

program yürütme zamanlarının denetimi için dahili olarak bulunan *uyku ve emniyet* zamanlayıcıları kullanılır. İşlemci program alanı için *16 K baytlık flash*, veri alanı için ise *256 baytlık SRAM* bellekler dahili olarak bulunur. Flash belleğin 2 K baytlık kısmı *EEPROM benzetimi* için ayrılmıştır.

Telsiz modem denetleyicinin veri terminal cihazı arayüzü bir *UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)* seri haberleşme birimi ile sağlanır. Mikroşlemciden paralel olarak yazılan bir baytlık veri, Şekil 5'te blok gösterimi verilen UART birimine uygulanan saat frekansının 1/8'i hızında seri olarak TX (transmit) hattına yazılır. Benzer şekilde veri terminal cihazının TX hattından, UART biriminin RX (receive) hattına gelen seri veriyi, bir baytlık paralel veri formuna dönüştürür ve mikroşlemciyi, gelen tampon yazmacında okunan bir bayt verinin hazır olduğunu bildirmek için kesme yolu ile uyarır. Mikroşlemci ile temel bant alıcı-verici birimi arasındaki veri haberleşmesi de ikinci bir UART birimi ile sağlanır. Temel bant alıcı-verici biriminin dinamik olarak yapılandırılması için mikroşlemci ile temel bant alıcı-verici birimi arasında senkron seri haberleşme gerçekleştirilir. Yapılandırmaya dair haberleşmenin saat sinyali mikroşlemci tarafından üretilir.



Şekil 5 UART Birimi Blok Gösterimi



Şekil 6 Alıcı Verici Basitleştirilmiş Blok Diyagramı

3.2. Temel Bant Alıcı-Verici Birimi

Temel bant alıcı-verici birimi alıcı Chipcon firmasının CC1000 tüm-devresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CC1000 temelli temel bant alıcı-verici birimi tek yönlü haberleşmeye imkân tanır. CC1000 alıcı ve

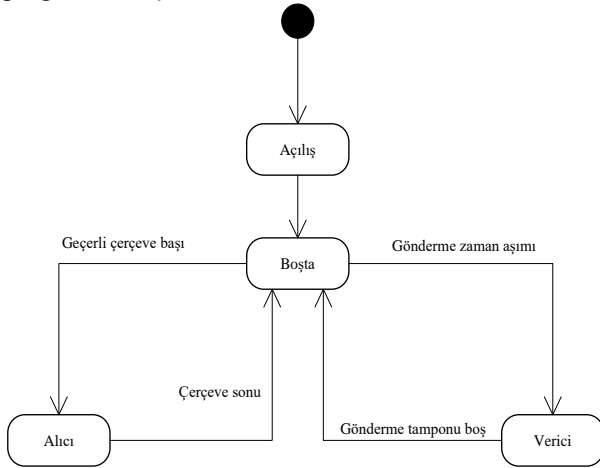
verici olarak çalıştırılmak üzere dinamik olarak yapılandırılabilir. CC1000'in alıcı katında, klasik *süper-heterodin* alıcı devresi kullanılmıştır. Radyo frekanslı giriş işareti düşük gürültülü bir kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilerek bir karıştırma devresi tarafından orta frekans bölgesine taşınır.

Alçak frekanslara taşınan işaret tekrar kuvvetlendirilerek *demodülatör* devresi sürülür ve çıkışından sayısal biçimdeki bilgi işareti elde edilir. CC1000'nin verici katında, radyo frekansındaki taşıyıcı işaret, bir gerilim kontrollü osilatörün çıkışındaki işaretin güç kuvvetlendiricisi ile kuvvetlendirilmesi ile elde edilir. Radyo frekanslı çıkış işareti, tüm-devrenin giriş olarak kabul ettiği sayısal biçimdeki bit dizisi ile *frekans kaydırmalı* olarak anahtarlanır. Tüm-devre içinde bulunan alıcı/verici anahtarlama devresi, CC1000'in anten arayüzünü ve eşleştirmesini basitleştirir. Frekans üretici faz dedektörü, şarj pompası, gerilim kontrollü osilatör, frekans bölücüler ve harici bir kristal osilatörden meydana gelir. Gerilim kontrollü osilatör harici bir bobinin CC1000'e bağlanmasını gerektirir. Frekans üretici alıcı olarak çalışırken karıştırma devresine gerekli yerel osilatör işaretini üretir. CC1000'e harici olarak bağlanan bir kondansatör ve bobin yardımı ile alıcının giriş eşleştirme katı tamamlanır. Bobin aynı zamanda ince ayar için kullanılan bir doğru gerilim kısıyıcısı görevini de görür. Yine tüm-devreye harici olarak bağlanan iki kondansatör ve bir bobin yardımı ile verici katında 50 ohm empedansa eşleştirilir. Temel bant alıcı-verici birimi ile besleme devresini yalıtım için düşük değerlerde yalıtım kondansatörleri kullanılır.

CC1000'in içerisinde 28 adet 8 bitlik yapılandırma yazmacı bulunur. Her bir yazmaç 7 bit ile adreslenir. Kalan 1 bit ise işlemin yazma ya da okuma olduğunu ayırt etmek için kullanılır. Yapılandırma hızı PCLK bağlantı yoluna uygulanan saat sinyalinin frekansına bağlıdır. Uygulanabilecek en yüksek saat frekansı 10 Mhz ile sınırlıdır. CC1000'un tüm yazmaçlarının ayarlanması 46 mikro saniyeden daha kısa bir zamanda tamamlanabilir. CC1000 üzerinde üç bağlantı yoluna sahip bir ara-yüz bulunur. PDATA, PCLK ve PALE bağlantıları mikroşlemci ile gerekli yapılandırma ara-yüzünü oluştururlar. Mikroşlemci ile veri alış verişi ise DIO ve DCLK bağlantıları üzerinden sağlanır. DIO her iki yönde veri transferi için kullanılan bağlantıdır. DCLK ise bu yol üzerinden gerçekleşen senkron haberleşmeye ait saat sinyalidir ve CC1000 tarafından üretilir.

CC1000'un *Senkron NRZ, Manchester Kodlama ve Asenkron mod* olarak adlandırılan üç farklı veri aktarma biçimini kullanacak şekilde yapılandırılabilir. Senkron NRZ modunda çalıştırıldığında, CC1000 veri saatini DCLK bacağına hazır eder ve DIO bağlantısı üzerinden aktaracağı veriyi okur. Mesaj verisi radyo frekanslarına kodlamadan modüle edilir. Bu modtaki veri aktarım hızları en az 0.6 Kbit/s, en fazla 76.8 Kbit/s oranlarında yapılandırılabilir. Alıcı olarak çalıştırıldığında demodülasyon sonucu elde edilen

veri, CC1000 tarafından üretilen DCLK bağlantısındaki saat işareti ile birlikte, DIO bağlantısında hazır edilir. CC1000 senkron *manchester kodlaması* modunda çalışırken, en fazla 38.4 kbits/s hızında haberleşme yapılabilir. Manchester kodlama ve kod çözümü CC1000 tarafından gerçekleştirilir. CC1000 *asenkron* modda çalıştırıldığında mikroişlemci ile CC1000 arasındaki saat senkronizasyonu olmadan, mesaj verisi doğrudan taşıyıcı işareti modüle etmek için kullanılır. Telsiz modem prototiplerinde yapılandırma ile ilgili varsayılan değerler; haberleşme merkez frekansı 433.3 Mhz, frekans ayırımı 64 khz, çıkış gücü 10 dBm, 1.2Kbits/s Manchester kodlama olacak şekilde programlanmıştır.



Şekil 7 Telsiz Modem Sonlu Durum Makinesi

4. TELSİZ MODEM YAZILIMI

Cypress 27443 tüm-devresi *PSoC Designer 4.2 tümleşik grafik geliştirme ortamı* kullanılarak programlanmıştır. Tümleşik geliştirme ortamı içerisinde tüm-devre içi donanım blokları yapılandırılabilirdiği gibi mikroişlemci için *C* ya da *Assembler* dilleri kullanılarak programlama da yapılabilir.

Telsiz modem yazılımı '*super loop*' olarak anılan yazılım biçimine uygun şekilde geliştirilmiştir. Yazılımda yüksek önceliğe sahip görevler (*ön plan görevler*), kesme hizmet alt yordamları içerisinde gerçekleştirirken, düşük öncelikli görevler (*arka plan görevler*) program ana bloğundaki sonsuz döngünün altında gerçekleştirilmiştir. Telsiz modem sonlu durum makinesi Şekil 7'de verilmiştir. Durumlar arası geçişlere yol açan olaylar ön plan görevler tarafından tetiklenir. Olayların işlenip durum geçişlerinin koordinasyonu ise arka plan görevleri tarafından yürütülür.

Yazılım da üç arka ve üç ön plan görev mevcuttur. Veri terminal cihazından bir baytlık verinin seri biçimde donanımsal olarak okunması durumunda mikroişlemci UART biriminin ürettiği bir kesme ile uyarılır. Veri terminal cihazından sorumlu ön plan görevi bu kesmeyi yakalar ve ilgili bayrak değişkeninin değerini değiştirerek, arka plan görevlerinden hizmet isteğinde bulunur. Arka planda

koşutulan ilgili görevin çalışma sırası kendisine gelmesi ile bir baytlık veri seri haberleşme donanımına ait tampon yazıcıdan çekilerek, radyo kanalı giden veri kuyruğuna atılır. Radyo kanalı üzerinden veri nâkili dönemsel olarak gerçekleştirilir. Bu dönemlerin süresi bir zamanlayıcı tarafından tutulur. Önceden belirlenen zaman aşımı olayı oluşması durumunda, zamanlayıcı kesme yolu ile mikroişlemciyi uyarır. İlgili ön plan görevi arka planda çalışan durum geçişlerinden sorumlu göreve, bir bayrak değişkeni kullanarak telsiz modemin verici olarak çalıştırılması isteğinde bulunur. İlgili arka plan görevi isteği algıladığında, radyo kanalından alma işlemi ile meşgul değil ise CC1000'i verici olarak çalışacak şekilde yapılandırır. Radyo giden kuyruğunda gönderilmeyi bekleyen veriler paketlenerek belirlenen radyo kanalı üzerinden yayınlanır. CC1000 ara-yüzünden sorumlu ön plan görevi CC1000 tarafından üretilen saat sinyalinin yükselen kenarında tetiklenen bir kesme hizmet alt yordamı içerisinde yürütülür. Bu ön plan görevi saat sinyali ile birlikte çok sık tetikleneceği için kesme hizmet alt yordamı içinde en az makine kodu çalıştırılacak şekilde ara-yüze özel bir sonlu durum makinesi tasarlanarak kodlaması gerçekleştirilmiştir.

5. SONUÇ

Telsiz modemlerin haberleşme menzilleri kullandıkları ortama, çıkış güçlerine, kullanılan anten kazançlarına, seçilen frekansa ve veri aktarma oranlarına bağlı olarak farklılık arz eder. İletişimin tek radyo kanalı üzerinden, iki yönlü kablo iletişimideki kadar yüksek hızlarda kayıpsız bir şekilde yapılabilmesi için denetim sisteminde kullanılacak işlemcinin daha hızlı olması ve daha karmaşık bir radyo üstü haberleşme protokolünün tanımlanması gerekir. Kısmen otonom yapıdaki bir gezgin robot ile yüksek hızlarda haberleşme ihtiyacı gerektirmeyen uygulamalarda, tasarlanan kablosuz RS232 Modemler, düşük güç tüketimi, maliyet ve uygulama basitliği avantajları da göz önünde bulundurularak rahatlıkla kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Mikroişlemci Sistemleri, UZUN T., 2005 İstanbul.
- [2] Cypress MicroSystems Inc., Document No.38-12012 Rev.*J, 2002-2004.
- [3] Chipcon AS, SmartRFCC1000 Data Sheet, Rev.2.2, 2004.
- [4] Chipcon AS, AN015 RF Modem Reference Design, Rev.1.0, 2002.